

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/086515 A1

(51) 国際特許分類: H01L 31/02, G02B 5/28, H01L 27/14

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003993

(22) 国際出願日: 2004 年 3 月 23 日 (23.03.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2003-082589 2003 年 3 月 25 日 (25.03.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大阪瓦斯株式会社 (OSAKA GAS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5410046 大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号 Osaka (JP).

[JP/JP]; 〒4688502 愛知県名古屋市中天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 北村 修一郎 (KITAMURA, Shuichiro); 〒5310072 大阪府大阪市北区豊崎五丁目 8 番 1 号 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

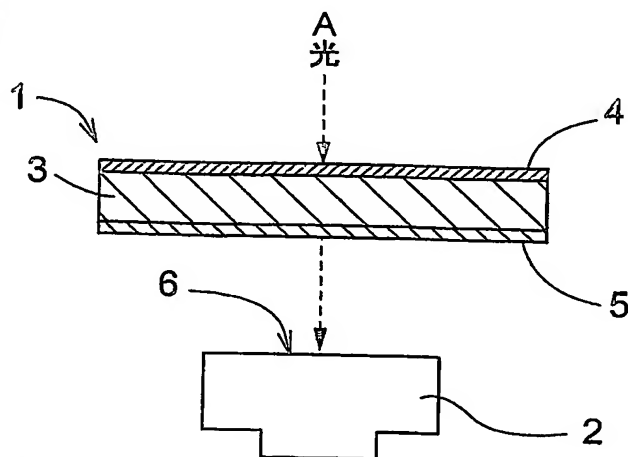
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: FILTER FUNCTION-EQUIPPED OPTICAL SENSOR AND FLAME SENSOR

(54) 発明の名称: フィルタ機能付き光センサ及び火炎センサ



A...LIGHT

(57) Abstract: A filter function-equipped optical sensor comprising a filter device (1) and a light receiving device (2), in order to provide a filter device capable of retaining stable optical characteristics over an extended period and an optical sensor using it, wherein a first interference filter structure (4) constituting the filter device (1) and consisting of a plurality of laminated light transmission layers is deposited on the surface of a color glass filter (3), and the light receiving device (2) is provided with a semiconductor light receiving element structure having a single or a plurality of semiconductor layers, with a single or a plurality of semiconductor layers in the semiconductor light receiving element structure being formed with light receiving areas and a single or a plurality of semiconductor layers involved in the formation of light receiving areas containing  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 0.21$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ).

(57) 要約: 長期間にわたって安定した光学特性を保持することのできるフィルタ装置を提供し、それを用いた光センサを提供するため、フィルタ装置 (1) と受光装置 (2) とを備えてなるフィルタ機能付き光センサであって、フィルタ装置 (1) を構成する、複数の光透過層が積層されてなる第 1 干渉フィルタ構造 (4) が、色子構造を備え、半導体受光素子構造中の単数または複数の半導体層に受光領域が形成され、受光領域の形成に係る単数または複数の半導体層が  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 0.21$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) を含む。



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## フィルタ機能付き光センサ及び火炎センサ

## 5 技術分野

本発明は色ガラスフィルタに干渉フィルタ構造が堆積されてなるフィルタ装置を受光装置の光入射面側に備えてなる光センサ及び火炎センサに関する。

## 背景技術

- 10 従来から、ガラスに発色剤（金属やその化合物）を添加することで色ガラスフィルタを形成し、その色ガラスフィルタと受光装置とを組み合わせた光センサが提案されている。この光センサは、所定の波長範囲の光を色ガラスフィルタによって遮断し、その色ガラスフィルタを通過した所望の波長範囲の光を検出するような構成となっている（例えば、特開平 1 1 - 1 5 3 4 8 3 号公報の図 1 を参照）。
- 15 例えば、紫外域から赤外域にまで広がる太陽光の内の紫外光のみを選択的に検出する場合、可視域および赤外域の光を遮断可能な色ガラスフィルタを用いることで、紫外域の光のみが受光装置側に到達し、検出されるという波長選択性を有する光センサが構成される。

- そのような光センサの応用例としては、UV-A（波長 3 1 5 n m ~ 波長 4 0
- 20 0 n m）、UV-B（波長 2 8 0 n m ~ 波長 3 1 5 n m）、UV-C（波長 1 0 0 n m ~ 波長 2 8 0 n m）などを検出対象としたセンサが挙げられ、それらに対しては各検出対象波長範囲にある波長の光のみを検出するという波長選択性が要求される。他には、半導体露光装置のフォトリソグラフィ工程において光源の光強度を測定するための照度計がある。このように光源として水銀ランプの g 線（波
- 25 長 4 3 6 n m）や h 線（波長 4 0 5 n m）や i 線（波長 3 6 5 n m）などの輝線の何れか 1 つを使用してレジストの露光を行う場合にも、目的の輝線による光量を選択的に測定する必要がある。

但し、上述のような光センサにおける波長選択性を良好なものとするためには、フィルタ装置を通過した後の光の強度を特定の波長（遮断波長）において極めて

急峻に変化させ、且つ検出対象とする波長範囲での感度が、検出対象としない波長範囲での感度の1万倍以上にさせる必要がある。色ガラスフィルタはガラス中に金属や化合物などの不純物が混入されて形成され、入射される光の内、所定の波長範囲の光をその不純物により吸収・散乱させるものであるが、透過光のスペクトルを示す光透過特性は波長に関して緩やかに変化するため、フィルタ装置を通過した後の光には、本来、フィルタ装置で遮断されるべき波長の光が混入し、上述の感度差を十分に得られないという問題が発生する。

そのような波長選択性の問題を解決するために、上述の色ガラスフィルタの表面上または受光装置の受光面上に、複数の光透過層が積層されてなり、光の干渉作用を使用して特定の波長範囲の光を遮断可能な干渉フィルタ構造を堆積させることでフィルタ装置による波長選択性を良好にする手法も採り得る。

しかしながら、干渉フィルタ構造は光の干渉作用を利用して特定の波長範囲の光を遮断するため、遮断可能な波長範囲が非常に狭い。従って、互いに異なる遮断波長範囲を有する複数種の干渉フィルタ構造を色ガラスフィルタの表面上または受光装置の受光面上に堆積させることが要求されるのだが、干渉フィルタ構造を厚く堆積させると、ひび割れなどが発生するという問題が新たに見出された。また、色ガラスフィルタ及び干渉フィルタ構造で用いられている光学材料一般は、その材料自体の特性によってUV-BやUV-Cでの紫外線の透過性能が制限される。更に、UV-BやUV-Cだけを選択的に透過させる現状のフィルタは、検出対象とする波長の光を良好に透過させ、且つ検出対象としない波長の光を良好に遮断するといった波長選択性が悪いという問題がある。例えば、検出対象とする波長域と検出対象としない波長域のそれぞれに近接して存在する2つの波長における光透過率は、干渉フィルタの場合でも1%程度の差しかなく、色ガラスフィルタに至ってはほとんど差がないのが実状である。そのため、太陽光に含まれる非常に弱い光強度のUV-BやUV-Cを高い精度で検出できないという問題があり、他にも、水銀灯の所望の輝線以外の発光により、受光装置の長波長側の感度の積分が、照射計の出力に加算されてしまうという問題がある。

また、紫外光を良好に透過させることのできる色ガラスフィルタはほとんど存在せず、ホウ素酸化物、アルミニウム酸化物、マグネシウム酸化物などから母材

が構成されている色ガラスフィルタが紫外光を良好に透過させる特性を有していることが知られている程度である。しかし、このような紫外線の透過性能を有して、且つ可視域の光を有為に遮断する特性を有する色ガラスフィルタは、 $\text{SiO}_2$ や $\text{Al}_2\text{O}_3$ のような安定な母材だけを原料としない。従って、そのような色ガラスフィルタにおいては、熱や水分などの周囲環境の影響を受けて光学的な特性が変化するという問題が知られており、その色ガラスフィルタを高温・高湿などの環境下で使用する場合には特にその影響が大きくなる。特に、上述のように色ガラスフィルタを用いたフィルタ装置と受光装置とを組み合わせ、所定の波長範囲の光のみを選択的に検出することが求められる光センサを構成する場合、色ガラスフィルタの光学特性が経時的に変化する（つまり、受光装置側に入射する光の波長・強度が変化する）ことは大きな問題となる。

例えば、上述のような構成の光センサを、紫外域の光を選択的に検出することが要求されるタイプの火炎センサとして使用する場合、太陽光や各種照明機器などからの室内光などの外乱光とは異なる波長範囲に現れる火炎の光（波長約300nm～約280nm以下）の光強度が非常に小さいことを考慮すると、波長選択性の良好なフィルタ装置によって外乱光のみを確実に遮断しなければならない。その際、火炎センサは熱や水分の影響を大きく受けるため、色ガラスフィルタの光学特性が熱や水分の影響により変化すれば、本来、受光装置側に入射されるべき火炎の光がフィルタ装置によって遮断されたり、本来、フィルタ装置で遮断されるべき外乱光が受光装置側に入射されたりすることで、火炎センサ（光センサ）による火炎の光の検出結果に信頼性が置けなくなる。

本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、長期間にわたって安定した光学特性を保持することのできるフィルタ装置を備えた光センサ及び火炎センサを提供する点にある。

#### 発明の開示

上記課題を解決するための本発明に係るフィルタ機能付き光センサの第一の特徴構成は、色ガラスフィルタを備え、検出対象波長範囲を含む所定の波長範囲の光を透過させるフィルタ装置と、前記フィルタ装置を透過した光を受光する受光

装置とを備えてなるフィルタ機能付き光センサであって、前記フィルタ装置を構成する、複数の光透過層が積層されてなる第1干渉フィルタ構造が、前記色ガラスフィルタの表面上に堆積され、前記受光装置が、単数または複数の半導体層を有する半導体受光素子構造を備え、前記半導体受光素子構造中の単数または複数の半導体層に受光領域が形成され、前記受光領域の形成に係る前記単数または複数の半導体層が  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 0.21$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ) を含む点にある。

即ち、この第一の特徴構成によれば、フィルタ装置が色ガラスフィルタと上記第1干渉フィルタ構造とを備えて構成され、受光装置が  $\text{InAlGa}\text{N}$  を含む受光領域を備えた半導体受光素子構造によって構成されているので、外部から光センサに照射された光は、フィルタ装置によって検出対象波長範囲よりも長波長側の光が有効に遮断された上で受光装置に到達し、受光装置において、検出対象波長範囲外の光が受光装置の受光領域に到達しないような光センサを提供することができる。また、 $\text{InAlGa}\text{N}$  は直接遷移型の半導体であるので、吸収端波長において受光領域の光吸収スペクトルが急峻に変化するため、波長選択性の良好な光センサを提供することができる。

更に、色ガラスフィルタの少なくとも1つの表面上に色ガラスフィルタの保護層としての上記第1干渉フィルタ構造が堆積されているので、色ガラスフィルタが熱や水分などに曝されて劣化することを防止することができる。その結果、当初の光学特性を長期間にわたって保持することのできる色ガラスフィルタを備え、長期間にわたって安定した性能を発揮することができる光センサを提供することができる。

上記課題を解決するための本発明に係るフィルタ機能付き光センサの第二の特徴構成は、前記フィルタ装置を構成する、複数の光透過層が積層されてなる第2干渉フィルタ構造が、前記第1干渉フィルタ構造が堆積される側とは逆の前記色ガラスフィルタの表面上に堆積される点にある。

即ち、この第二の特徴構成によれば、上記第2干渉フィルタ構造が、上記第1干渉フィルタ構造が堆積される側とは逆の色ガラスフィルタの表面上に形成されるので、色ガラスフィルタの大部分を干渉フィルタ構造で保護することができ、

その結果、熱や水分に対する耐性（対環境性）が大きい光センサを提供することができる。

上記課題を解決するための本発明に係るフィルタ機能付き光センサの第三の特徴構成は、前記干渉フィルタ構造が  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{HfO}_2$  の少なくとも一方を含み、  
5 露出面が酸化物となるように構成されている点にある。

即ち、この第三の特徴構成によれば、色ガラスフィルタが、 $\text{SiO}_2$  及び  $\text{HfO}_2$  の少なくとも一方を含んで構成される干渉フィルタ構造によって覆われ、その干渉フィルタ構造の露出面が酸化物となるように構成されているので、周囲環境の熱や水分の影響を干渉フィルタ構造で遮断して、その影響が色ガラスフィル  
10 タに及ぼされないことを確保することができる。その結果、熱や水分に対する耐性（対環境性）が大きい光センサを提供することができる。

上記課題を解決するための本発明に係るフィルタ機能付き光センサの第四の特徴構成は、前記受光領域の吸収端波長に相当する前記検出対象波長範囲の長波長端波長が、前記フィルタ装置による所定の光透過波長範囲の長波長端波長近傍に  
15 設計され、前記検出対象波長範囲内にある所定の第1波長における第1感度の値が、前記検出対象波長範囲外にあり、前記第1波長より50nmだけ長波長の第2波長における第2感度の値の1万倍以上である点にある。

即ち、この第四の特徴構成によれば、上記受光領域の吸収端波長に相当する上記検出対象波長範囲の長波長端波長が、上記フィルタ装置による光の透過波長範囲の長波長端波長近傍に設計され、上記検出対象波長範囲内にある所定の第1波  
20 長における第1感度の値が、検出対象波長範囲外にあり、第1波長より50nm長波長の第2波長における第2感度の値の1万倍以上にすることができることから、検出対象とする光のみを高い波長選択性を持って検出することができる。その結果、検出対象波長範囲内にある光が微弱であっても、その存在を良好に検出  
25 することができる光センサを提供することができる。

上記課題を解決するための本発明に係るフィルタ機能付き光センサの第五の特徴構成は、前記検出対象波長範囲の長波長端波長が波長  $400\text{nm} \pm 20\text{nm}$  である点にある。

即ち、この第五の特徴構成によれば、検出対象波長範囲の長波長端、言い換え

ると受光領域の吸収端波長が、波長  $400\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  であるので、UV-A（波長  $315\text{ nm} \sim 400\text{ nm}$ ）とされる紫外線の長波長端以下の光（UV-B、UV-Cを含む）を検出可能な光センサを提供することができる。つまり、UV-A、UV-B、およびUV-Cの光検出用の光センサを提供することができる。尚、UV-Bは波長  $280\text{ nm} \sim 315\text{ nm}$  の範囲であり、UV-Cは波長  $100\text{ nm} \sim 280\text{ nm}$  の範囲に広がる光であると規定されている。

上記課題を解決するための本発明に係るフィルタ機能付き光センサの第六の特徴構成は、前記検出対象波長範囲の長波長端波長が波長  $365\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  である点にある。

10 即ち、この第六の特徴構成によれば、検出対象波長範囲の長波長端、言い換えると受光領域の吸収端波長が、波長  $365\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  であるので、低温ボイラにおける火炎のスペクトルに含まれる波長  $365\text{ nm}$  付近の光を検出可能な光センサを提供することができる。

上記課題を解決するための本発明に係るフィルタ機能付き光センサの第七の特  
15 徴構成は、前記検出対象波長範囲の長波長端波長が波長  $315\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  で  
ある点にある。

即ち、この第七の特徴構成によれば、検出対象波長範囲の長波長端、言い換えると受光領域の吸収端波長が、波長  $315\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  であるので、UV-B（波長  $280\text{ nm} \sim$  波長  $315\text{ nm}$ ）とされる紫外線の長波長端以下の光（UV-Cを含む）を検出可能な光センサを提供することができる。つまり、UV-B、およびUV-Cの光検出用の光センサを提供することができる。

上記課題を解決するための本発明に係るフィルタ機能付き光センサの第八の特徴構成は、前記検出対象波長範囲の長波長端波長が波長  $280\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  である点にある。

25 即ち、この第八の特徴構成によれば、検出対象波長範囲の長波長端、言い換えると受光領域の吸収端波長が、波長  $280\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  であるので、UV-C（波長  $100\text{ nm} \sim 280\text{ nm}$ ）とされる紫外線の長波長端以下の光を検出可能な光センサを提供することができる。つまり、UV-Cの光検出用の光センサを提供することができる。



上記課題を解決するための本発明に係る火炎センサの特徴構成は、上記第一の特徴構成から第八の特徴構成の何れかを有するフィルタ機能付き光センサを窒素ガス又は不活性ガスで封止して構成した点にある。

- 即ち、この特徴構成によれば、火炎センサが上記フィルタ装置及び上記受光装置を含む光センサが窒素ガス又は不活性ガスで封止して構成されるので、熱や水分に対する耐性（対環境性）が更に大きい火炎センサを提供することができる。また、上記フィルタ装置と上記受光装置との組み合わせにより、検出対象とする波長範囲（火炎の光が含まれる範囲）における感度と、検出対象としない波長範囲（太陽光や室内光などの外乱光が含まれる範囲）における感度との間の感度差が大きい火炎センサが得られることから、照射される火炎の光強度が小さい場合であっても、その存在を外乱光と区別して感度良く検出することができる火炎センサを提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

- 第1図は、本発明に係る光センサの構成図であり、  
第2図は、フィルタ装置の構成図であり、  
第3図は、受光装置の構成図であり、  
第4図は、色ガラスフィルタの光吸収特性を示すグラフであり、  
第5図は、フィルタ装置の光吸収特性を示すグラフであり、  
第6図は、火炎の発光スペクトルと太陽光のスペクトルと室内光のスペクトルを示すグラフであり、  
第7図は、InAlGa<sub>N</sub>のインジウム組成比及びアルミニウム組成比とInAlGa<sub>N</sub>のバンドギャップエネルギーとの関係図であり、  
第8図は、光センサの感度特性を示すグラフであり、  
第9図は、本発明に係る光センサの別の構成図であり、  
第10図は、本発明に係る光センサの別の構成図であり、  
第11図は、本発明に係る光センサの別の構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に図面を参照して本発明に係る光センサについて説明する。

第1図から第3図に例示するのは、フィルタ装置1と受光装置2とを備えてなる光センサの構成を説明する図である。フィルタ装置1は、色ガラスフィルタ3の少なくとも1つの表面上に、所定の第1波長範囲の光を選択的に遮断可能であるように複数の光透過層4a、4bが積層されてなる第1干渉フィルタ構造4が堆積されて構成されている。更に、第1図および第2図に例示する光センサでは、所定の第2波長範囲の光を選択的に遮断可能であるように複数の光透過層5a、5bが積層されてなる第2干渉フィルタ構造5が、上記第1干渉フィルタ構造4が堆積されるのとは別の色ガラスフィルタ3の表面上に堆積されている。

10 上述の干渉フィルタ構造4においては、光透過層4aと光透過層4bの各界面で入射光と反射光とが干渉し合うため、特定の波長範囲の光が打ち消されることとなる。ここで、どの波長範囲の光を打ち消すかは、光透過層4aおよび光透過層4bの組成（つまりは屈折率）および膜厚によって決定されるため、その成膜時にそれらを変えることで、打ち消される波長範囲の調整を自在に行うことができる。尚、図中では光透過層4aと光透過層4bとを2層ずつ積層した場合を例示しているが、第1干渉フィルタ構造4による光透過スペクトルを所望の波長範囲で急峻に変化させたい場合には、数多くの光透過層4aと光透過層4bとを積層することが好ましい。但し、干渉フィルタ構造の厚さ大きくし過ぎるとひび割れが発生するなどの問題が見出されたため、その厚さは約1.5 $\mu\text{m}$ ~3 $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。また、上記第2干渉フィルタ構造5についても上記干渉フィルタ構造4と同様であり、光透過層5aと光透過層5bの各界面で入射光と反射光とが干渉しあうため、特定の波長範囲の光が打ち消されることとなる。

25 色ガラスフィルタ3は、ホウ素酸化物、アルミニウム酸化物、マグネシウム酸化物、リン酸化物などを主に含み、更にコバルト酸化物、バリウム酸化物、シリカ、亜鉛酸化物、カルシウム酸化物、ニッケル酸化物などを含むように作製される。一般的に、色ガラスフィルタは熱や水分などによって経時的に劣化し、その劣化が光学特性の変化を招くことが知られている。しかしながら、第1図に示したように、色ガラスフィルタ3の表面上を上述の干渉フィルタ構造などで覆って保護することで、色ガラスフィルタ3に対する熱や水分の影響を遮断して、長期

間にわたって安定した光学特性を発揮させることができるフィルタ装置 1 を提供することができる。

以上のようなフィルタ装置 1 を透過した光（図中に破線で示す）の波長は、フィルタ装置 1 を構成する色ガラスフィルタ 2 の光透過特性、第 1 干渉フィルタ構造 4 の光透過特性、および第 2 干渉フィルタ構造 5 の光透過特性により決定され、光センサにとっての検出対象波長範囲内の光となるように適宜調整される。受光装置 2 として使用可能なデバイスとしては、検出対象波長範囲の光に対してのみ感度を有するような波長選択性の良好なフォトダイオード（PN 接合型、PIN 接合型、ショットキーダイオード型など）、フォトコンダクタ、フォトリソグラフィなどの半導体デバイスが好ましい。更に、波長選択性の良好な半導体デバイスを得るためには、その半導体デバイスにおいて、受光領域の形成に係る半導体層のバンドギャップエネルギーから換算される受光領域の吸収端波長が検出対象波長範囲の長波長端波長と等しく、且つ受光領域の形成に係る半導体層が一般式で  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ) と表される直接遷移型の半導体材料で形成されていることが好ましい。

第 3 図に例示するのは、PIN 接合型のフォトダイオードを受光装置 2 として使用した場合の例であり、基板 10 の露出面を受光面 6 として入射光を検出する形態を採用している。この PIN 接合型のフォトダイオードは、基板 10 上に、上方に堆積される半導体層と基板 1 との間の格子不整合を緩和可能な緩衝層 11 と、n 型半導体層 12 と、受光領域として作用する i 型半導体層 13 と、p 型半導体層 14 と、コンタクト層 15 とが順次堆積され、コンタクト層 15 と p 型半導体層 14 と i 型半導体層 13 と n 型半導体層 12 とを部分的にドライエッチングにより除去することにより露出された n 型半導体層 12 の表面に電極 16（n 極）を形成し、コンタクト層 15 の表面に電極 17（p 極）を形成することで得られる。

具体的には、基板 10 はサファイア基板であり、緩衝層 11 は  $\text{AlN}$ （厚さ  $0.3 \mu\text{m}$ ）であり、n 型半導体層 12 は単結晶の  $\text{n-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ )（厚さ  $1 \mu\text{m}$ ）であり、i 型半導体層 13 はアンドープの単結晶  $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  ( $0 \leq z \leq 1$ )（厚さ  $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ ）であり、p 型半導体層 14 は単

結晶の  $p\text{-Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) (厚さ  $80\text{ nm}$ ) であり、コンタクト層 15 は  $p\text{-GaN}$  (厚さ  $20\text{ nm}$ ) である。また、電極 16 には  $n$  型半導体層 12 との間でオーミックな接触を形成することのできる材料として  $\text{ZrB}_2$  を用い、電極 17 にはコンタクト層 15 との間でオーミックな接触を形成することのできる材料として  $\text{Al}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ni}$  等の金属電極を用いる。

以上のような  $\text{Al}$ 、 $\text{Ga}$ 、 $\text{N}$  を含む各半導体層は、通常の  $\text{MOCVD}$  装置を用いて堆積させることができるが、以下に例示する各原料ガスやキャリアガス (窒素や水素など、原料ガスに対して不活性なガス) の分圧、基板温度などの成長条件は適宜調整される。上述の半導体層の堆積の際に使用される原料ガスとしては、トリメチルアルミニウムやトリエチルアルミニウム (アルミニウム源)、トリメチルガリウムやトリエチルガリウム (ガリウム源)、 $\text{NH}_3$  (窒素源) が使用され、更にインジウムを含有させる場合にはそのインジウム源としてトリメチルインジウムやトリエチルインジウムなどが使用される。また、 $n$  型不純物としては  $\text{Si}$  が  $\text{SiH}_4$  (シランガス) の形態で供給され、 $p$  型不純物としては  $\text{Mg}$  が  $\text{C}_2\text{P}_2\text{Mg}$  (シクロペンタンマグネシウム) の形態で供給される。また、各電極を形成するにあたって、 $\text{Al}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ni}$  等の金属電極は通常の蒸着法を使用して形成することができ、 $\text{ZrB}_2$  電極はスパッタリング法を使用して形成することができる。

また、色ガラスフィルタ 3 はリン酸化物を主成分とし、第 1 干渉フィルタ構造 4 はそれぞれが光透過層として働く  $\text{SiO}_2$  (光透過層 4a) と  $\text{HfO}_2$  (光透過層 4b) とを交互に積層して構成した。同様に、第 2 干渉フィルタ構造 5 は、それぞれが光透過層として働く  $\text{SiO}_2$  (光透過層 5a) と  $\text{HfO}_2$  (光透過層 5b) とを交互に積層して構成した。ここで、どの波長範囲の光を遮断したいかに応じて各光透過層 4a、4b、5a、5b の膜厚は適宜調整している。尚、上述した干渉フィルタ構造 (光透過層 4a、4b、5a、5b) の材料は上述したものに限定されず、光透過性の材料であれば他の様々な材料を使用することもできる。例えば、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  などを光透過層として使用することができる。

$\text{SiO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  などの材料からなる薄膜 (光透過層) は、抵抗加熱、電子ビーム加熱などの真空蒸着法やスパッタリングによって成膜

される。その際に使用される各蒸着源またはターゲットは、市販されているものを使用することもできる。

5 以上のように、色ガラスフィルタ 3 と第 1 干渉フィルタ構造 4 と第 2 干渉フィルタ構造 5 とを備えるフィルタ装置 1 を用いることで、受光装置 2（光センサ）が検出対象としない波長範囲の光を予め遮断した上で、受光装置 2 の受光面 6 に  
10 対して光を入射させることができる。以下の第 4 図および第 5 図には、色ガラスフィルタ 3 として使用されるリン酸ガラスの光吸収特性（第 4 図）と、その色ガラスフィルタ 3 の表面上に、短波長側の吸収の立ち上がり波長が 290 nm である干渉フィルタ構造と、同じく短波長側の吸収の立ち上がりが 385 nm である  
15 干渉フィルタ構造とを堆積させることで得られたフィルタ装置の光吸収特性（第 5 図）とをそれぞれ示す。

まず第 4 図に示すように、この色ガラスフィルタ 3 は波長約 260 nm～約 380 nm の範囲の光を良好に透過させ、他の波長範囲の光を効果的に遮断可能に設計されている。更に、この色ガラスフィルタ 3 に対して上述したような 2 つの  
20 第 1 干渉フィルタ構造 4（短波長側の吸収端波長が約 290 nm）と第 2 干渉フィルタ構造 5（短波長側の吸収端波長が約 385 nm）とが堆積されると、第 5 図に示すように波長約 260 nm～約 300 nm という透過波長範囲の光のみを良好に透過させ、更にその透過波長範囲の長波長端波長（約 300 nm）と短波長端波長（約 260 nm）とで光吸収スペクトルが急峻に変化する（つまり、波  
25 長選択性が良好である）フィルタ装置 1 が得られる。

従って、以上のようなフィルタ装置 1 を通過した後の光には、受光装置 2（光センサ）が検出対象としない波長範囲の光が効果的に遮断されているので、その  
検出対象としない波長範囲の光を受光装置 2 が誤検出する可能性を非常に低くさせることができる。更に、受光装置 2 が有する受光領域の吸収端波長に相当する  
25 検出対象波長範囲の長波長端波長と、フィルタ装置 1 による光の透過波長範囲の長波長端波長とが等しくなるように、受光領域の形成に係る i 型半導体層 13 の吸収端波長を約 300 nm に設計しておけば、受光装置 2 の感度波長範囲外（吸収端波長よりも長い波長）の光が、予めフィルタ装置 1 によって遮断されていることになるため、光センサにおける検出対象範囲外における感度と、検出対象波

長範囲内における感度との差を非常に大きくさせることができる。尚、感度（単位はA/W）とは、光センサに照射される光強度（W）に対して、どれだけの光電流（A）が発生したかを示すものであり、同じ強度の光が照射された場合、発生する光電流が大きいほど感度が高いと言える。

- 5      以下には、第3図に示したようなPIN接合型のフォトダイオードを受光装置2として使用した光センサにおいて、受光領域として作用するi型半導体層13のバンドギャップエネルギーを調整して、紫外域に広がる火炎の光を、太陽光や各種照明機器による室内光などの外乱光と区別して検出することが要求される（つまり、検出対象波長範囲内にある光と、検出対象波長範囲外にある光とを区別して検出することが要求される）火炎センサとして使用する場合の具体例を説明する。
- 10      尚、以下の説明では受光装置2における受光領域の吸収端波長をどのように設定するのかについて説明を行うが、フィルタ装置1による透過波長範囲については、少なくとも光センサの検出対象波長範囲を含み、好ましくは透過波長範囲の長波長端波長が受光領域の吸収端波長と等しくなるように、所定の光学特性を有する色ガラスフィルタや各干渉フィルタ構造を組み合わせ使用すればよい。
- 15

- 第6図に示すのは、メタンを燃焼させた際に発生する火炎の発光スペクトルと、波長約270nm以上で大きく観測される太陽光のスペクトルと、波長約300nm以上で大きく観測される照明機器などによる室内光のスペクトルである。火炎の発光スペクトルにはOHラジカルの発光に起因する310nm付近のピークが最も大きく見られ、そのピークのすそが波長約340nm付近にまで広がっている。また、短波長側には波長約270nm付近の小さなピークと、波長約280nm～波長約300nmに見られるピークとが存在する。従って、火炎の発光のみを感度良く検出するためには、受光装置2として使用されるフォトダイオードにおいて吸収される光に含まれる火炎の光強度をできるだけ大きくし、逆に吸収される光に含まれる太陽光および室内光の光強度をできるだけ小さくすればよい。
- 20
- 25      例えば、吸収される光に含まれる火炎の光強度の割合を大きくするために、上述したピーク波長付近に受光領域のバンドギャップエネルギーを設定し、更に、受光装置2として使用されるフォトダイオードの光入射側に光フィルタを装着して太陽光や室内光を遮断することを行っている。尚、ここに記載した火炎の発光

スペクトルは燃焼されるガスの成分などによって変化することもある。

以下に、火炎の光を検出対象光とした場合の受光装置 2 (光センサ) において、各半導体層のバンドギャップエネルギーをどのように設定すればよいのかについて、第 7 図に示す  $\text{AlGaIn}$  のアルミニウム組成比と  $\text{AlGaIn}$  のバンドギャップエネルギーとの関係図を例に説明する。尚、第 7 図では、一般式で  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) と表される半導体のインジウム組成比  $x$  とアルミニウム組成比  $y$  と  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  のバンドギャップエネルギーとの関係を示しており、 $\text{AlGaIn}$  のみについて考慮する場合には、インジウム組成比  $x = 0$  と見なせばよい。また、本実施形態では、インジウム組成比及びアルミニウム組成比の変数として  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $m$ 、 $n$  などの文字を個別に使用しているが、インジウム組成比及びアルミニウム組成比とバンドギャップエネルギーの関係は第 7 図に例示するグラフを参照すればよい。

まず、 $i$  型半導体層 13 ( $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ :  $0 \leq z \leq 1$ ) のバンドギャップエネルギーを所望の値に設定するために、そのアルミニウム組成比  $z$  を調整することが行われる。例えば、波長約 344 nm 以下の波長域に広がる検出対象波長範囲内にある火炎の光を選択的に受光することのできる火炎センサを作製したい場合には、受光領域 ( $i$  型半導体層 13) のバンドギャップエネルギーが 3.6 eV 以上となることで、3.6 eV 以上のエネルギーを有する光が選択的に吸収されるように、アルミニウム組成比  $z = 0.05$ 、或いはそれ以上となるように成膜される。或いは、約 300 nm 以上の波長域に含まれる、各種照明機器からの光 (室内光) を受光せずに、検出対象波長範囲内にある火炎の光を受光するような火炎センサを作製したい場合には、受光領域 ( $i$  型半導体層 13) のバンドギャップエネルギーが 4.1 eV 以上となることで、4.1 eV 以上のエネルギーを有する光が選択的に吸収されるように、アルミニウム組成比  $z = 0.25$ 、或いはそれ以上となるように成膜される。また或いは、約 280 nm 以上の波長域に含まれる、太陽光からの光を受光せずに、検出対象波長範囲内にある火炎の光のみを受光するような火炎センサを作製したい場合には、受光領域 ( $i$  型半導体層 13) のバンドギャップエネルギーが 4.4 eV 以上となることで、4.4 eV 以上のエネルギーを有する光が選択的に吸収されるように、アルミニウム組成比  $z = 0.37$ 、

或いはそれ以上となるように成膜される。

或いは、弱い光強度であれば太陽光などの外乱光が受光領域において吸収されても構わない場合には、受光領域（i型半導体層13）のバンドギャップエネルギーが4.3 eV以上（波長約290 nm以下）となることで、4.3 eV以上のエネルギーを有する光が選択的に吸収されるように、アルミニウム組成比  $z = 0.31$ 、或いはそれ以上となるように成膜される。波長約290 nm以下では第6図に示すようにそれらの外乱光の光強度が非常に小さくなり、他方で火炎の光は大きいので、結果として火炎の光が存在することを検知することができる。

更に、火炎センサを構成するフォトダイオード（受光装置2）が給湯器内部やエンジン内部などの閉鎖空間に設置され、そこでの火炎の発光を検出したい場合には、上述した室内光や太陽光が存在しないため、それらの存在を考慮する必要はない。そのため、検出対象波長範囲内にある火炎の光の中でも特に炭化水素を含む化合物（都市ガスに含まれるメタンや、エンジンで燃焼される燃料）を燃焼させた場合に観測されるOHラジカルの発光に起因する発光ピーク（波長約310 nm（ $310 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ ）：4.0 eV）の光を選択的に受光することのできるフォトダイオードを作製する場合には、受光領域のバンドギャップエネルギーを4.0 eV付近に設定し、約4.0 eV以上のエネルギーを有する光が選択的に吸収されるように、アルミニウム組成比  $z = 0.23$  となるように成膜すればよい。

低温ボイラのように輻射ノイズ（炉壁輻射など）が非常に少ない場所で使用される場合は、UV-B領域の波長314 nmの光を検出することを目的とするにも拘わらず、受光領域のカットオフ波長をGaNのバンドギャップエネルギー付近に設定しても良い場合がある。この場合、受光領域のバンドギャップエネルギーを3.4 eVに設定し、約3.4 eV以上のエネルギーを有する光が選択的に受光領域で吸収されるようにすればよい。

また、受光領域のバンドギャップエネルギーを調整するだけでなく、受光領域の光入射面側（本実施形態では基板10側）に配置される半導体層のバンドギャップエネルギーが、受光領域のバンドギャップエネルギー以上であるように構成し、所望の波長範囲の光を選択的に透過させる光選択層として作用させることも行われ



る。言い換えると、 $n$ 型半導体層 ( $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ) 12 のバンドギャップエネルギーを、受光領域として作用する  $i$  型半導体層 ( $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ) 13 のバンドギャップエネルギー以上に設定したヘテロ構造を採用することで、 $i$  型半導体層 13 で吸収されるべき波長範囲の光が、 $n$  型半導体層 12 で光吸収や光散乱などによる光損失を被らないように設計することができる。この場合、アルミニウム組成比  $x$ 、 $z$  の関係は、 $x > z$  である。

例えば、 $n$  型半導体層 ( $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ) 12 のアルミニウム組成比  $x = 0.3$  とした場合には、波長約 290 nm 以上の光を  $i$  型半導体層 13 側に良好に透過させることができる。更に、 $n$  型半導体層 12 においては、波長約 290 nm よりも短い波長の光を吸収するため、 $i$  型半導体層 ( $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ) 13 のアルミニウム組成比を  $z = 0.2$  とした場合には、 $i$  型半導体層 13 において波長約 290 nm ~ 約 310 nm の光を選択的に吸収するフォトダイオード (受光装置 2) が得られる。

第 8 図のグラフに示すのは、第 5 図を参照して説明したのと同様に、第 4 図に光学特性を示したリン酸ガラスの 2 つの面上に、短波長側の吸収の立ち上がり波長が 290 nm である干渉フィルタ構造と、同じく短波長側の吸収の立ち上がり波長が 340 nm である干渉フィルタ構造とを堆積させることで得られたフィルタ装置 1 と、第 3 図に例示した構造であり、受光領域として作用する  $i$  型半導体層 13 のバンドギャップエネルギーを 4.4 eV に設定したフォトダイオード (受光装置 2) とで構成される光センサの感度特性である。この場合、検出対象波長範囲内にある波長 270 nm における第 1 感度の値が、検出対象波長範囲外にあり、上記第 1 波長 (波長 270 nm) より 50 nm だけ長波長の第 2 波長 (波長 320 nm) における第 2 感度の値の 1 万倍以上とできる。つまり、検出対象とする光のみを高い波長選択性を持って検出することができるため、検出対象波長範囲内にある光が微弱であっても、その存在を良好に検出することができる光センサを提供することができる。尚、比較例としてフィルタ装置 1 を設けない場合の光センサの感度のグラフも併せて示すが、第 1 波長における感度と第 2 波長における感度の差を十分に確保できていないことが分かる。

更に、上記第 2 波長よりも長波長側の可視域のどの波長における感度について

も、上記第1波長における第1感度との間の感度差が十分に確保されているので、検出対象とする光のみを高い波長選択性を持って検出することができ、検出対象波長範囲内にある光が微弱であっても、その存在を良好に検出することができる光センサを提供することができる。

- 5      更に、受光領域の形成に係る半導体層のバンドギャップエネルギーと、それよりも光入射面側に配置される半導体層（光選択層）のバンドギャップエネルギーとを調整することで、所定の検出対象波長範囲の光を選択的に検出することができる光センサを作製することができる。その際、フィルタ装置1による透過波長範囲の長波長端波長が受光領域の吸収端波長と等しく、且つ透過波長範囲の短波長端  
10   波長が光選択層の吸収端波長と等しくなるように、所定の光学特性を有する色ガラスフィルタや各干渉フィルタ構造を組み合わせて使用される。このような光センサの応用例としては、UV-A（波長315nm～波長400nm）、UV-B（波長280nm～波長315nm）、UV-C（波長280nm～波長100nm）といった各検出対象波長範囲に存在する紫外線の強度を測定するためのデバ  
15   イスが挙げられる。また、これらのデバイスを火炎センサとして使用することもできる。

- 以下には、第3図に例示した構造のPIN型のフォトダイオード（受光装置2）において、光選択層として作用するn型半導体層12および受光領域として作用するi型半導体層13を $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）  
20   で構成した場合の例について説明する。但し、n型半導体層12およびi型半導体層13においてインジウム組成比xおよびアルミニウム組成比yの値はそれぞれ調整され、その結果、第7図に示すようにn型半導体12およびi型半導体層13を構成する $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）のバンドギャップエネルギーが導出される。また、フィルタ装置1は、その透過波長範囲が  
25   以下のそれぞれの場合の検出対象波長範囲と等しくなるように所定の色ガラスフィルタ及び干渉フィルタ構造を使用して形成されるものとする。

まず、UV-A、UV-B、UV-Cの全ての光を検出するための光センサを作製する場合、検出対象波長範囲が波長100nm～波長400nmとなることから、受光領域であるi型半導体層13のバンドギャップエネルギーを検出対象波

長範囲の長波長端波長(400 nm)に相当する約3.1 eVに調整すればよい。  
また、光選択層であるn型半導体層12のバンドギャップエネルギーは検出対象波  
長範囲の短波長端波長(100 nm)に相当するバンドギャップエネルギーに近づ  
くように、できる限り大きくすることが要求される。従って、i型半導体層13  
5 を $\text{In}_{0.21}\text{Ga}_{0.79}\text{N}$ とし、n型半導体層12をAlNとすればよい。

UV-B及びUV-Cの光を検出するための光センサを作製する場合、検出対  
象波長範囲が波長100 nm～波長315 nmとなることから、受光領域である  
i型半導体層13のバンドギャップエネルギーを検出対象波長範囲の長波長端波長  
(315 nm)に相当する約3.9 eVに調整すればよい。また、光選択層であ  
10 るn型半導体層12のバンドギャップエネルギーは検出対象波長範囲の短波長端波  
長(100 nm)に相当するバンドギャップエネルギーに近づくように、できる限  
り大きくすることが要求される。従って、i型半導体層13を $\text{Al}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{N}$ とし、n型半導体層12をAlNとすればよい。

UV-Cの光を検出するための光センサを作製する場合、検出対象波長範囲が  
15 波長100 nm～波長280 nmとなることから、受光領域であるi型半導体層  
13のバンドギャップエネルギーを検出対象波長範囲の長波長端波長(280 nm)  
に相当する約4.4 eVに調整すればよい。また、光選択層であるn型半導体層  
12のバンドギャップエネルギーは検出対象波長範囲の短波長端波長(100 nm)  
に相当するバンドギャップエネルギーに近づくように、できる限り大きくするこ  
20 とが要求される。従って、i型半導体層13を $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{N}$ とし、n型半  
導体層12をAlNとすればよい。

UV-Aの光を検出するための光センサを作製する場合、検出対象波長範囲が  
波長315 nm～波長400 nmとなることから、光選択層であるn型半導体層  
12のバンドギャップエネルギーを検出対象波長範囲の短波長端波長(315 nm)  
25 に相当する4.4 eVに調整し、受光領域であるi型半導体層13のバンドギャ  
ップエネルギーを検出対象波長範囲の長波長端波長(400 nm)に相当する3.  
1 eVに調整すればよい。従って、i型半導体層13を $\text{In}_{0.21}\text{Ga}_{0.79}\text{N}$ と  
し、n型半導体層12を $\text{Al}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{N}$ とすればよい。

UV-A及びUV-Bの光を検出するための光センサを作製する場合、検出対

象波長範囲が波長 280 nm～波長 400 nm となることから、光選択層である n 型半導体層 12 のバンドギャップエネルギーを検出対象波長範囲の短波長端波長 (280 nm) に相当する 4.4 eV に調整し、受光領域である i 型半導体層 13 のバンドギャップエネルギーを検出対象波長範囲の長波長端波長 (400 nm) に相当する 3.1 eV に調整すればよい。従って、i 型半導体層 13 を  $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.79}\text{N}$  とし、n 型半導体層 12 を  $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{N}$  とすればよい。

UV-B の光を検出するための光センサを作製する場合、検出対象波長範囲が波長 280 nm～波長 315 nm となることから、光選択層である n 型半導体層 12 のバンドギャップエネルギーを検出対象波長範囲の短波長端波長 (280 nm) に相当する 4.4 eV に調整し、受光領域である i 型半導体層 13 のバンドギャップエネルギーを検出対象波長範囲の長波長端波長 (315 nm) に相当する 3.9 eV に調整すればよい。従って、i 型半導体層 13 を  $\text{Al}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{N}$  とし、n 型半導体層 12 を  $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{N}$  とすればよい。

<別実施形態>

15 <1>

第 9 図に示すのは第 1 図に例示した光センサの改変例であり、第 2 干渉フィルタ構造 5 が受光装置 2' の受光面 6 上に堆積された場合の構造である。例えば、受光装置 2' が第 3 図に例示したようなフォトダイオードである場合には、第 2 干渉フィルタ構造 5 が受光面 6 となるサファイア基板 10 上に堆積される。この場合であっても、色ガラスフィルタ 3 と第 1 干渉フィルタ構造 4 と第 2 干渉フィルタ構造 5 とを通過した光のみが受光装置 2 の受光面 6 に入射されるので、それらのフィルタによって所定の波長範囲の光がそれぞれ遮断される。また、第 1 干渉フィルタ構造 4 が色ガラスフィルタ 3 上に堆積されているので、色ガラスフィルタ表面が熱や水分から保護され、その結果、熱や水分に対する耐性が大きい光センサが提供される。

25 このように、第 1 干渉フィルタ構造 4 および第 2 干渉フィルタ構造 5 を設ける位置は、受光装置の受光面 6 側にあれば特に限定されるものではなく、図示はしないが第 2 干渉フィルタ構造 5 が第 1 干渉フィルタ構造 4 上に堆積されても構わない。

## &lt; 2 &gt;

第10図に示すのは、第1図に示したような第2干渉フィルタ構造5上に、第1干渉フィルタ構造4と第2干渉フィルタ構造5とは別の第3干渉フィルタ構造7を設けた場合の例である。

- 5 図示するように、上記第1干渉フィルタ構造4、上記第2干渉フィルタ構造5、および上記第3干渉フィルタ構造7が受光装置2の受光面6側に形成されるので、太陽光や各種照明機器による室内光などの外乱光を更に広い波長範囲にわたって効果的に遮断することができる。また、色ガラスフィルタの表面が干渉フィルタ構造によって厚く保護することができるため、熱や水分に対する耐性（対環境性）  
10 が大きい光センサを提供することができる。尚、第3干渉フィルタ構造7を設ける位置は第10図に例示した構成に限定されず、受光装置の受光面6側にあれば、色ガラスフィルタ3上や、第1干渉フィルタ構造4上や、第2干渉フィルタ構造5上や、受光装置の受光面6上などに堆積させることができる。但し、第3干渉フィルタ構造7を、第1干渉フィルタ構造4上または第2干渉フィルタ構造5上  
15 に堆積させる場合、一体として形成される干渉フィルタ構造の合計膜厚を $1.5\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ 以下にして、ひび割れなどの問題が発生しないような対策を採っておく必要がある。

- また、第1干渉フィルタ構造4と第2干渉フィルタ構造5と第3干渉フィルタ構造7とを設けるにあたって、3つの干渉フィルタ構造を同じ部材（フィルタ装置または受光装置）上に積層するのでは無く、少なくとも何れかの干渉フィルタ構造が別の部材上に設けられるような構造を採用している。干渉フィルタ構造を積層する場合、その合計膜厚が大きくなり過ぎると（膜厚が $1.5\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ ）ひび割れなどの問題が発生し、光学素子として使用することができなくなることがすることが新たに見出されたが、上述のように少なくとも何れかの干渉フィルタ構造が別の部材上に設けられた構造を採用していることで、干渉フィルタ構造の合計膜厚を2つの表面上に分散させることができるため、干渉フィルタ構造にひび割れなどの問題が発生する可能性を排除することができる。

## &lt; 3 &gt;

第11図に例示するのは、上述の本発明に係るフィルタ機能付き光センサを窒

素又は不活性ガスで封止して構成された火炎センサの構成を示す図である。

火炎センサ 20 は、フィルタ装置 1 (1'、1'') 及び受光装置 2 (2') を筐体 21、基材 22 及びレンズ 23 内に收容し、その内部を窒素ガス、アルゴンガスなどの不活性ガスで封止して構成されている。従って、フィルタ装置及び  
5 受光装置が窒素雰囲気又は不活性ガス雰囲気に保持されることで、水分による色ガラスフィルタの性能劣化の問題を非常に小さくさせることができる。また、火炎センサ 20 の周囲の熱による色ガラスフィルタの性能劣化や受光装置の性能劣化の問題も非常に小さくさせることができる。

#### 10 産業上の利用可能性

長期間にわたって安定した光学特性を保持することのできるフィルタ装置を備えた光センサ及び火炎センサを提供することができる。

15

20

25

## 請求の範囲

1. 色ガラスフィルタ (3) を備え、検出対象波長範囲を含む所定の波長範囲の光を透過させるフィルタ装置 (1) と、前記フィルタ装置 (1) を透過した光を受光する受光装置 (2) とを備えてなるフィルタ機能付き光センサであって、  
5 前記フィルタ装置 (1) を構成する、複数の光透過層 (4 a) (4 b) が積層されてなる第 1 干渉フィルタ構造 (4) が、前記色ガラスフィルタ (3) の表面上に堆積され、

前記受光装置 (2) が、単数または複数の半導体層を有する半導体受光素子構造を備え、前記半導体受光素子構造中の単数または複数の半導体層に受光領域が形成され、前記受光領域の形成に係る前記単数または複数の半導体層が  $\text{In}_x\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 0.21$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) を含むフィルタ機能付き光センサ。  
10

2. 前記フィルタ装置 (1) を構成する、複数の光透過層 (5 a) (5 b) が積層されてなる第 2 干渉フィルタ構造 (5) が、前記第 1 干渉フィルタ構造 (4) が堆積される側とは逆の前記色ガラスフィルタの表面上に堆積される請求項 1 に記載のフィルタ機能付き光センサ。  
15

3. 前記干渉フィルタ構造が  $\text{SiO}_2$  及び  $\text{HfO}_2$  の少なくとも一方を含み、露出面が酸化物となるように構成されている請求項 1 に記載のフィルタ機能付き光センサ。  
20

4. 前記受光領域の吸収端波長に相当する前記検出対象波長範囲の長波長端波長が、前記フィルタ装置 (1) による所定の光透過波長範囲の長波長端波長近傍に設計され、

前記検出対象波長範囲内にある所定の第 1 波長における第 1 感度の値が、前記検出対象波長範囲外にあり、前記第 1 波長より 50 nm だけ長波長の第 2 波長における第 2 感度の値の 1 万倍以上である請求項 1 に記載のフィルタ機能付き光センサ。  
25

5. 前記検出対象波長範囲の長波長端波長が波長 400 nm  $\pm$  20 nm である請求項 4 に記載のフィルタ機能付き光センサ。

6. 前記検出対象波長範囲の長波長端波長が波長  $365\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  である請求項 4 に記載のフィルタ機能付き光センサ。

7. 前記検出対象波長範囲の長波長端波長が波長  $315\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  である請求項 4 に記載のフィルタ機能付き光センサ。

5 8. 前記検出対象波長範囲の長波長端波長が波長  $280\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$  である請求項 4 に記載のフィルタ機能付き光センサ。

9. 請求項 1 から請求項 8 の何れか 1 項に記載のフィルタ機能付き光センサを窒素ガス又は不活性ガスで封止して構成した火炎センサ。

10

15

20

25



1/6

FIG.1

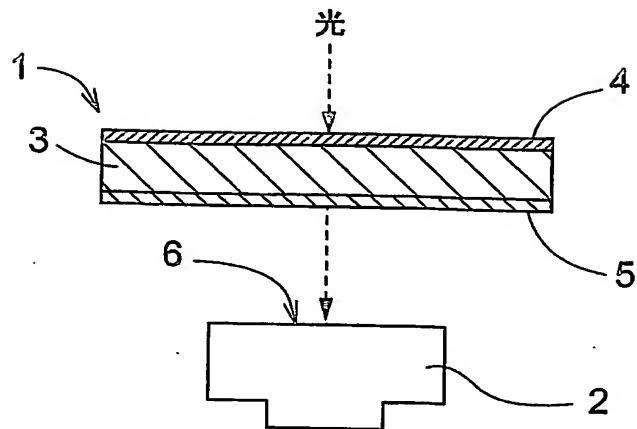


FIG.2

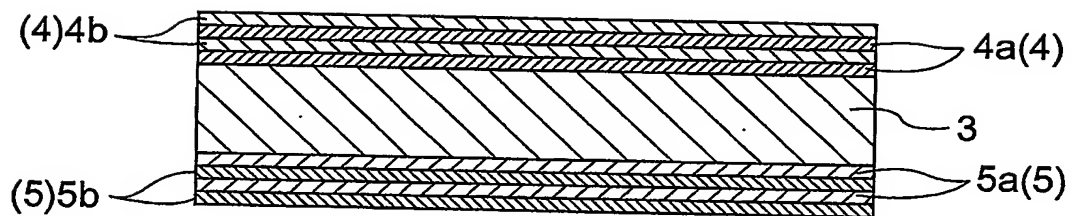


FIG.3

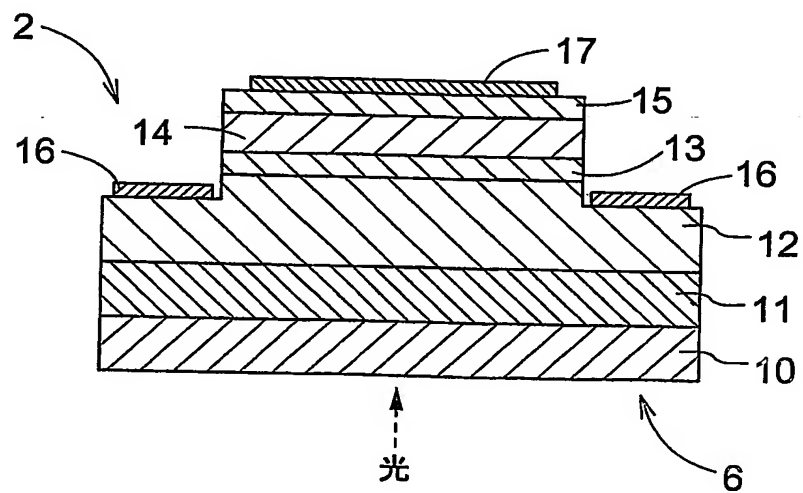
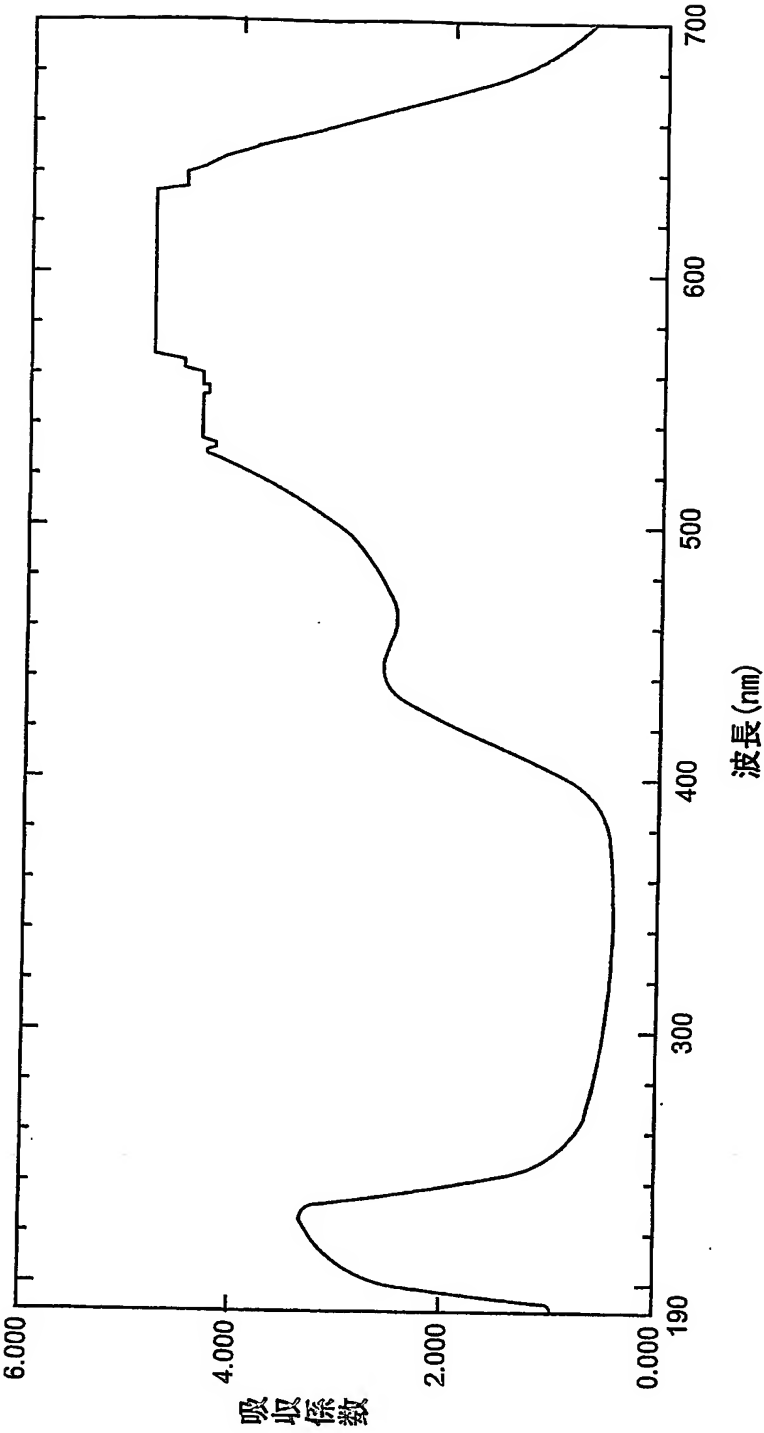
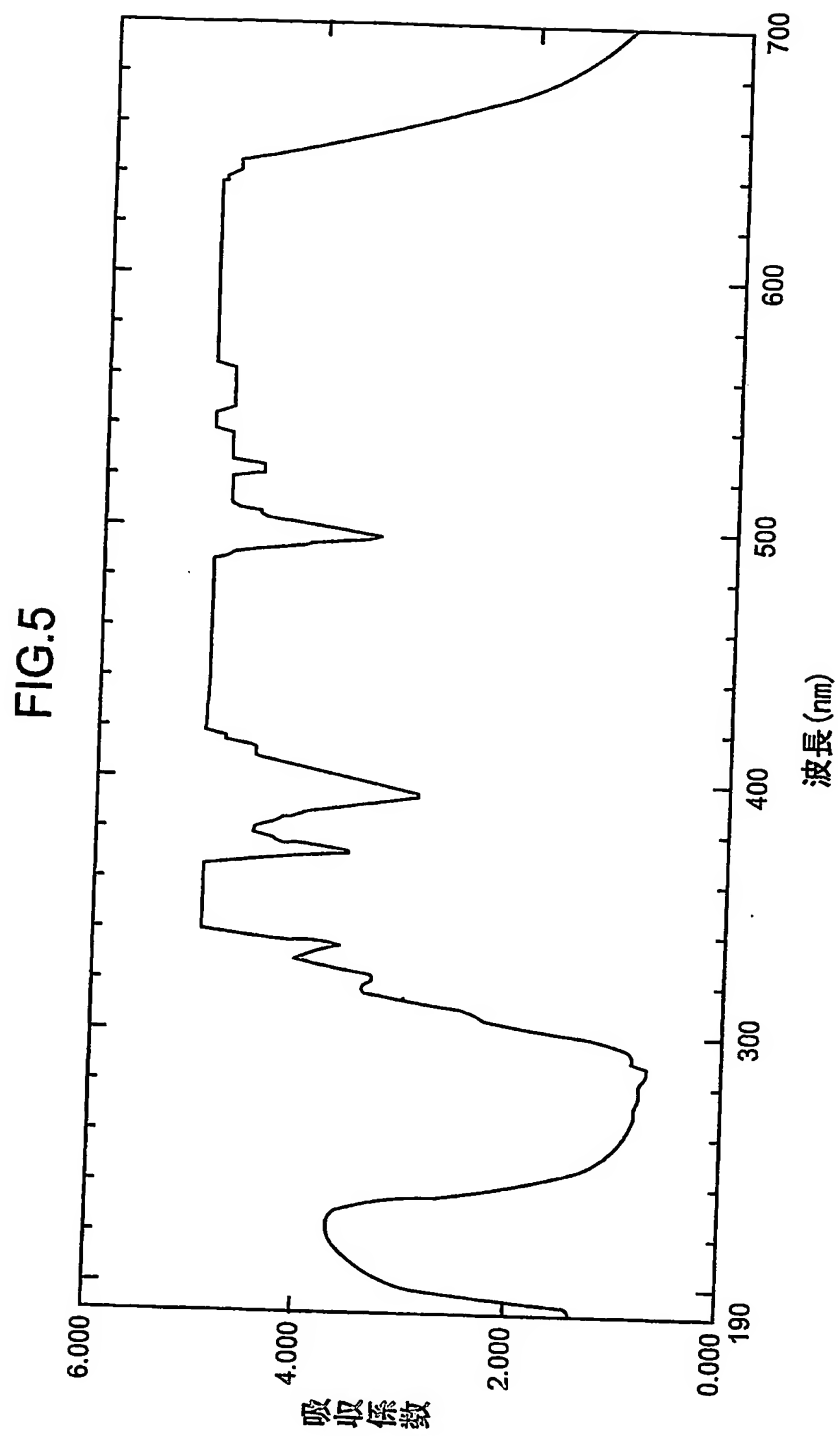


FIG.4



3/6



4/6

FIG.6

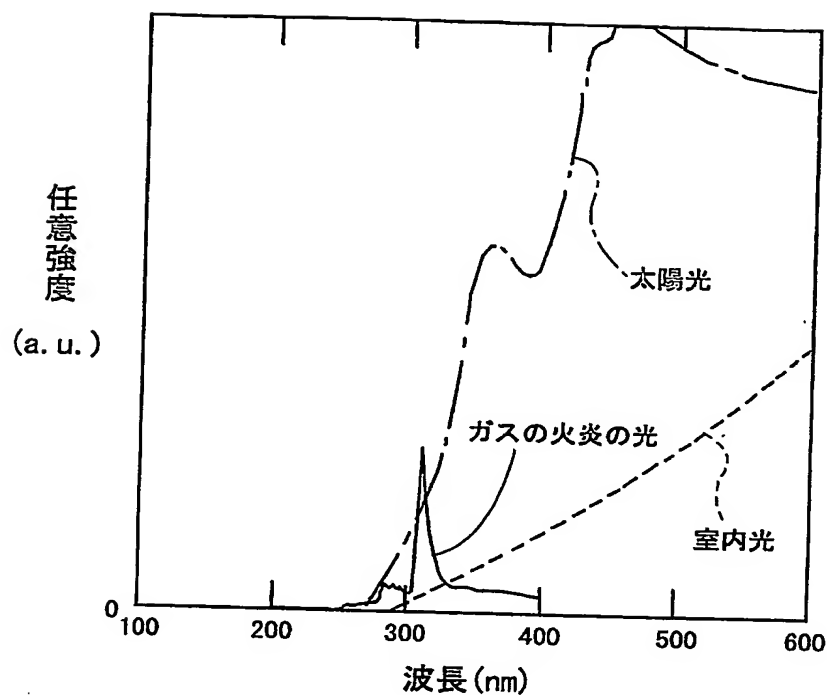
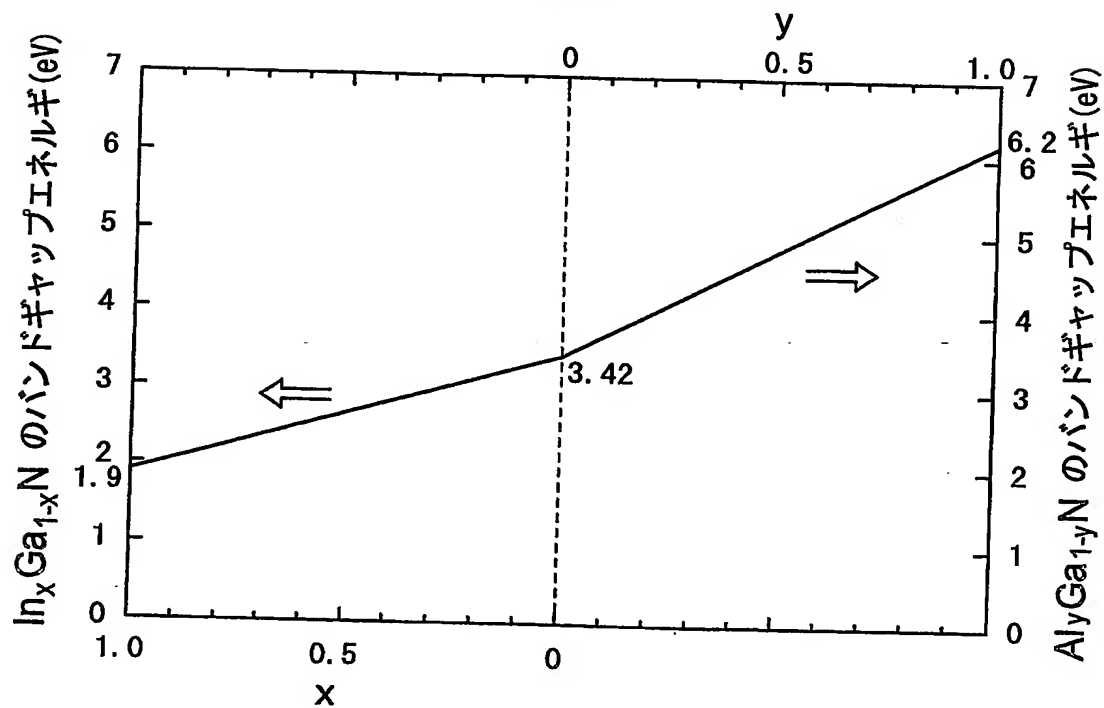
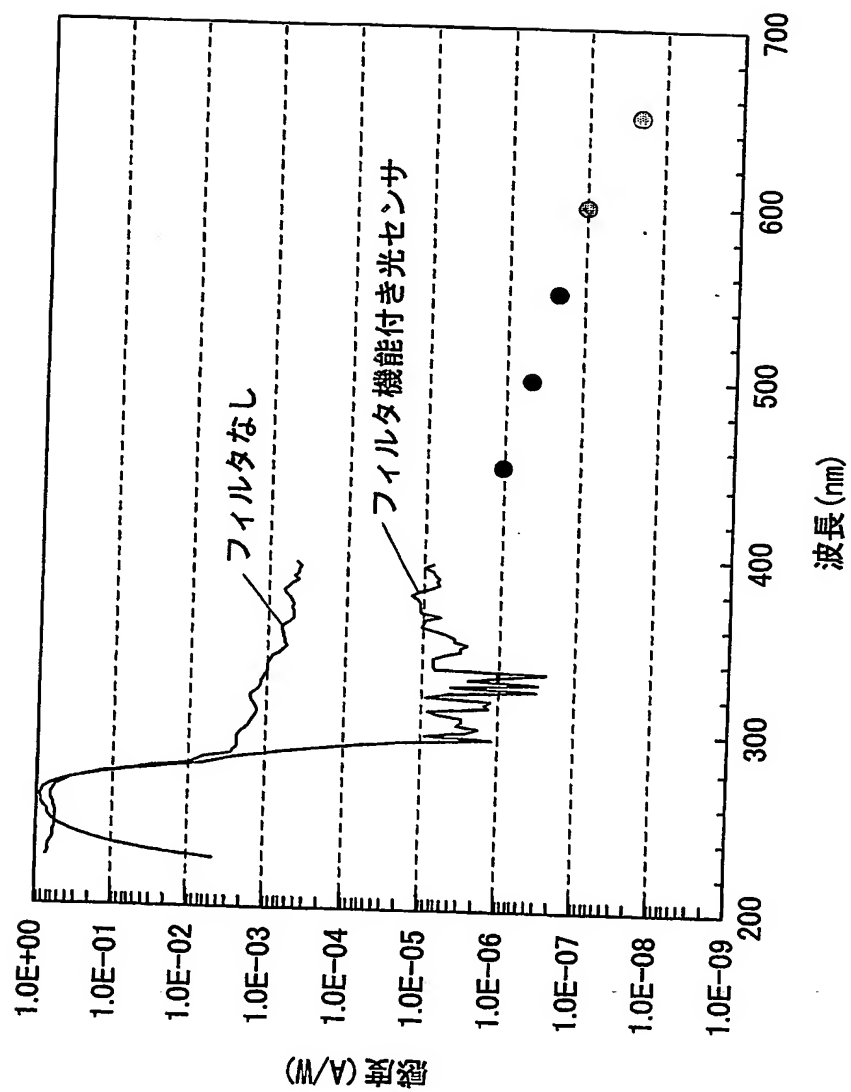


FIG.7



5/6

FIG.8



6/6

FIG.9

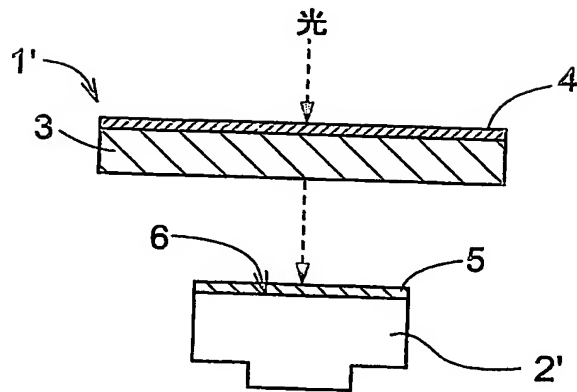


FIG.10

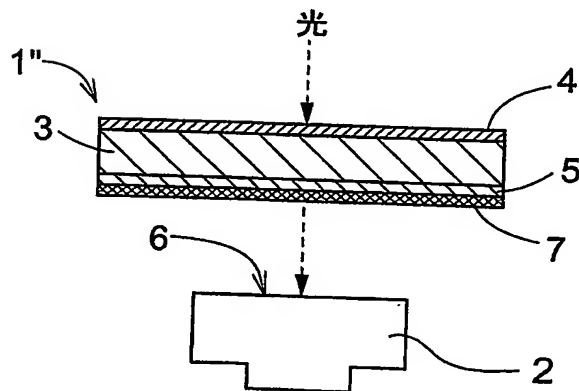
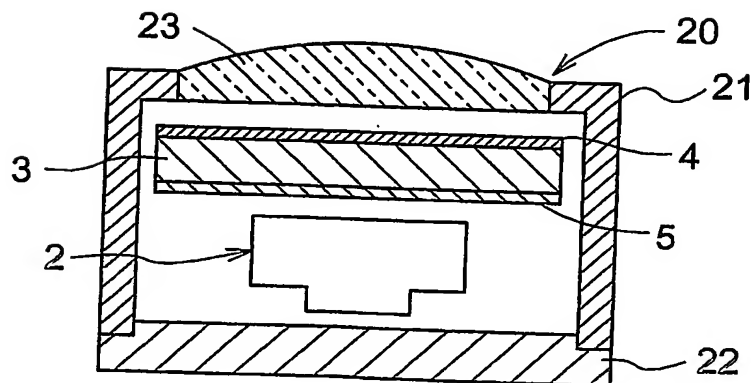


FIG.11



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003993

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L31/02, G02B5/28, H01L27/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L31/00-31/0392, H01L31/08-31/119, G02B5/28,  
H01L27/14-27/148

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-57111 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 26 February, 2003 (26.02.03), Full text; all drawings (Family: none)	1, 3-8 2, 9
Y A	JP 2002-373977 A (Canon Inc.), 26 December, 2002 (26.12.02), Full text; all drawings (Family: none)	2 1, 3-9
Y A	JP 2000-183367 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 30 June, 2000 (30.06.00), Full text; all drawings (Family: none)	9 1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
20 May, 2004 (20.05.04)

Date of mailing of the international search report  
08 June, 2004 (08.06.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003993

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-153483 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 08 June, 1999 (08.06.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 9-181350 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 11 July, 1997 (11.07.97), Claims 1, 2 (Family: none)	1-9
A	JP 2000-147248 A (Canon Inc.), 26 May, 2000 (26.05.00), Claim 5 (Family: none)	3
A	JP 7-20313 A (Omron Corp.), 24 January, 1995 (24.01.95), Full text; all drawings (Family: none)	3



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L 31/02, G02B 5/28, H01L 27/14

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L 31/00 - 31/0392, H01L 31/08 - 31/119,  
G02B 5/28  
H01L 27/14 - 27/148

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2003-57111 A (大阪瓦斯株式会社) 2003.02.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 3-8 2, 9
Y A	JP2002-373977 A (キヤノン株式会社) 2002.12.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2 1, 3-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.05.2004

国際調査報告の発送日

08.6.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

濱田 聖司

2K

3106

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	J P 2000-183367 A (大阪瓦斯株式会社) 2000.06.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	9 1-8
A	J P 11-153483 A (大阪瓦斯株式会社) 1999.06.08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	J P 9-181350 A (三菱電線工業株式会社) 1997.07.11, 請求項1, 2 (ファミリーなし)	1-9
A	J P 2000-147248 A (キヤノン株式会社) 2000.05.26, 請求項5 (ファミリーなし)	3
A	J P 7-20313 A (オムロン株式会社) 1995.01.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	3